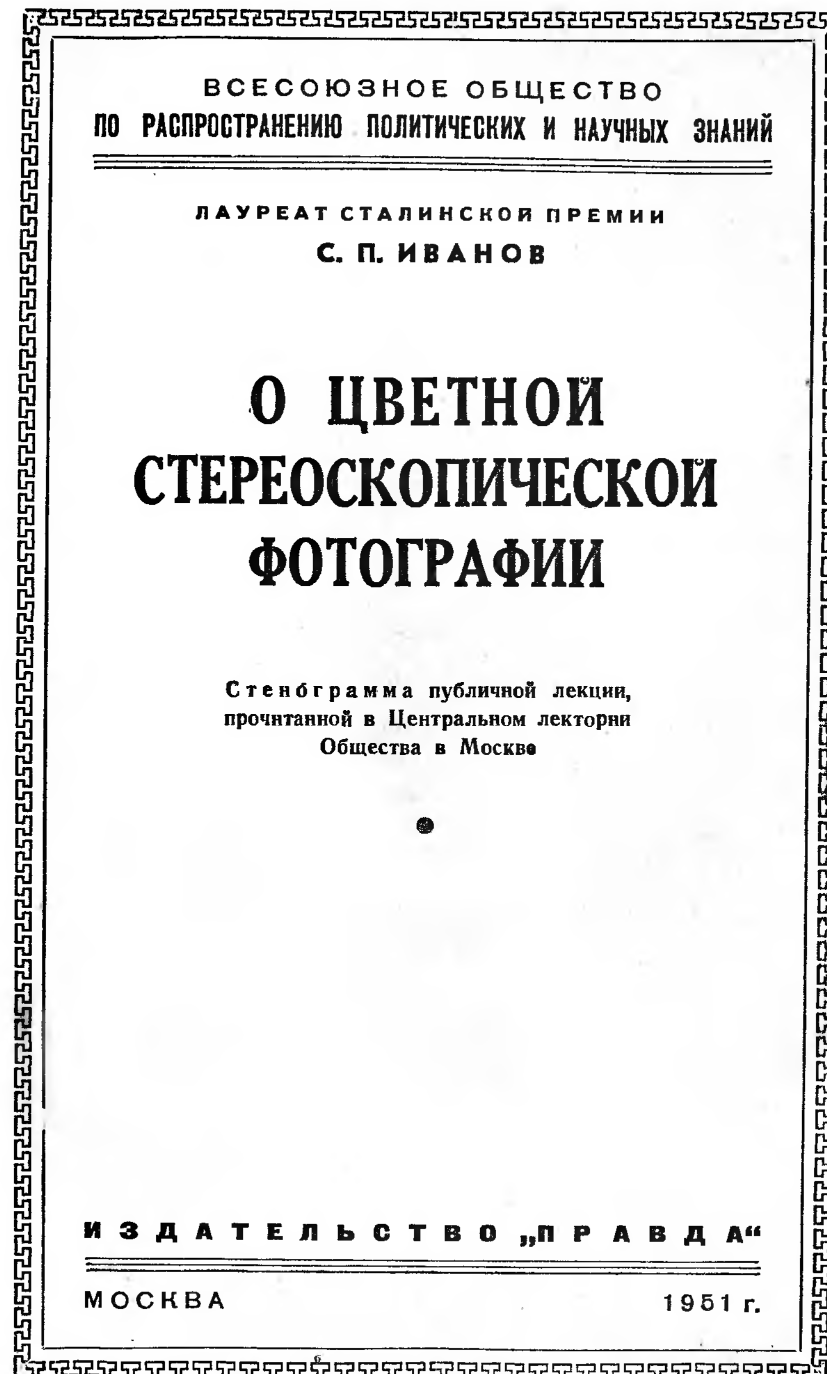
VISIT…

LANZAROTE Caliente.COM

Цена 60 коп.

http://entomology.ru/



ВСЕСОЮЗНОЕ ОБЩЕСТВО
ПО РАСПРОСТРАНЕНИЮ ПОЛИТИЧЕСКИХ И НАУЧНЫХ ЗНАНИЙ

ЛАУРЕАТ СТАЛИНСКОЙ ПРЕМИИ
С. П. ИВАНОВ

О ЦВЕТНОЙ СТЕРЕОСКОПИЧЕСКОЙ ФОТОГРАФИИ

Стенограмма публичной лекции, прочитанной в Центральном лектории Общества в Москве

ИЗДАТЕЛЬСТВО „ПРАВДА“
МОСКВА 1951 г.

ПЛАН ЛЕКЦИИ

	Стр.
Значение и возможности стереоскопии	5
Физиология стереоэффекта	7
Оптико-физические основы стереоскопии	9
Существующие конструкции стереоскопов	13
Разрешающая способность и размеры стереокадров	15
Простейший способ стереофотосъёмки	20
Основы стереосъёмки и стереопроекции	23
Зеркальная стереоприставка	27
Растровая стереофотография	30
О цвете	32
Интегральная фотография	35

★ К ЧИТАТЕЛЯМ ★

Всесоюзное общество по распространению политических и научных знаний просит присылать отзывы об этой брошюре по адресу: Москва, Китайский проезд, 3, Редакционно-издательскому отделу Общества.

★

Редактор — профессор **В. А. ФАБРИКАНТ.**

А 05676. Подп. к печ. 28/VII 1951 г. Тираж — 80 000 экз.

Объём — 2½ печ. л. Заказ № 74.

Типография газеты «Правда» имени Сталина. Москва, улица «Правды», 24.

Все окружающие нас предметы и явления трёхмерны. Многие из них для тех или иных целей фотографируют. Но обычная плоская фотография не отображает предметы и явления природы во всех трёх измерениях. Обычная плоская фотография позволяет вынести безошибочное суждение о предмете только в пределах двух его измерений. Для фиксирования предметов и явлений природы во всех трёх измерениях служит стереоскопическая фотография.

Слово «стереоскопия» состоит из двух греческих слов: «стерео» — объём, телесность и «скопео» — вижу, наблюдаю. Этим двойным словом, а иногда для краткости одним — «стерео» — принято обозначать искусственное зрительное воспроизведение действительности в трёх измерениях, то есть в объёмно-пространственном виде.

Понятие «пространственность» в стереоскопической фотографии отличается от понятия «объёмность» тем, что пространственность обычно означает расстояние между предметами в глубину, то есть то, что даёт ощущение воздуха, ощущение глубины пространства, в котором расположены объёмные предметы.

Слово «стерео» включает в себя и понятие «объёмность» и понятие «пространственность».

Это же слово в качестве приставки говорит о соответствующем назначении предмета: стереофотоаппарат, стереотруба, стереодальномер, стереокомпаратор, стереопланиграф, стереолупа, стереоскоп и т. п. Слово «стерео» вошло в наш быт так же, как слова «фото», «кино», «радио».

Первая стереоскопическая фотокамера для одновременной съёмки двух изображений, называемых стереопарой, то есть соответствующих точкам зрения правого и левого глаз человека, была изобретена в 1875 году московским фотографом Д. П. Езучевским. Но снятые такой камерой две фотографии не дают стереоэффекта, если их рассматривать как обычные снимки.

Для любого вида стереоскопической фотографии является непреложным законом видеть каждым глазом только одну фотографию и именно ту, которая для данного глаза предназначена. Вместе с тем важно, чтобы глаз не видел той фотографии, которая для него не предназначена. Только при выполнении этих условий возникает стереоэффект.

Для рассматривания стереопар фотографий разработано много моделей стереоскопов. В большинстве случаев конструкция стереоскопа делается применительно к тому или иному способу стереофотосъёмки, а также той цели, которую такое рассматривание преследует. На стереокомпараторе, например, который тоже представляет собой как бы стереоскоп, производится измерение так называемых пространственных параллаксов, то есть величины смещения одноимённых точек изображений в левом и правом снимках, и на основании этого вычисляется истинная величина третьего измерения. Ещё более сложным стереоскопом в этом смысле является стереопланиграф, который позволяет на основании рассматривания стереопар вычерчивать так называемые горизонтали для карт, по которым можно судить о рельефе местности. Но эти и ряд других специальных стереоприборов нельзя назвать стереоскопами в буквальном смысле этого слова, так как получение зрительного впечатления об объёмности не является их конечной целью, а служит средством для измерительных целей. Сами же эти приборы отличаются от стереоскопов большой точностью и сложностью конструкций.

Стереотруба и стереодальномер также представляют собой очень сложные, высокой точности оптические приборы, с помощью которых производятся измерения в глубину.

Все эти и ряд других приборов связывает одно слово — «стерео». В основе их лежит получение искусственного зрительного впечатления об объёмности и пространственности наблюдаемых явлений объективной действительности.

Но возможности стереофотографии значительно шире: она позволяет видеть больше, дальше, глубже, чем видят наши глаза при непосредственном наблюдении. Так, рассматривая предмет на расстоянии в 500 м, мы без дополнительных признаков уже не в силах вынести суждения о третьем измерении, тогда как с помощью стереофотографии удаётся не только видеть, но даже измерить расстояние от земли до тех или иных планет и звёзд.

Благодаря достижениям в области советского стереокино и советской цветной кинематографии появилась реальная возможность широкого развития цветной стереофотографии, где объединение объёма и цвета открывает новые горизонты и новые возможности. Объединение цвета и объёма в стереофотографии порождает такой арсенал выразительных средств, каким не располагает ни одно из известных изобразительных искусств. В этом смысле цветная стереофотография уступает только цветному стереокино, с которым она в той или иной мере связана.

Одновременно цветная стереофотография, как наиболее доступная, позволяет предопределить ряд моментов в будущем развитии цветного стереокино, поскольку их связывают общие законы и принципы стереоскопии, за исключением движения.

Настоящая лекция посвящена изложению принципов и законов стереоскопии, существующих способов стереофотографии вообще и цветной в частности, изложению основ растровой и интегральной фотографии, включая и стереофотопроекцию на светосильный стереоэкран малого размера.

Кроме того в лекции даются описания простейших способов стереофотосъёмок обычным фотоаппаратом, элементарных расчётов, схем и конструктивных данных зеркальной стереонасадки и стереоскопов.

Изложение рассчитано на лиц, знакомых с основами обычной фотографии.

Значение и возможности стереоскопии

Многие считают, что оба наши глаза видят одинаково. Но достаточно посмотреть поочерёдно левым и правым глазом, чтобы убедиться в том, что они видят по-разному. Ближние предметы по отношению к дальним как бы перепрыгивают влево, если на них смотреть правым глазом, и вправо, если смотреть левым глазом. Эта разница в восприятии положения ближних предметов и является основой стереоскопии, основой стереоэффекта.

Плоская фотография не даёт стереоэффекта по причине отсутствия указанной разницы. Плоскую фотографию оба глаза видят одинаково: здесь смещение ближних предметов относительно дальних обнаружить невозможно, так как фотография снята с одной точки зрения. Только стереофотография способна воспроизвести объективную действительность во всех трёх измерениях. Поэтому она имеет такое огромное значение для науки, техники и искусства.

Общеизвестно применение стереоскопического анализа аэрофотоснимков в геодезии, картографии и военном деле. Насколько важен стереоскопический анализ в военном деле, показывает следующий пример из опыта Великой Отечественной войны на Ленинградском фронте в 1941 году. Наша Советская Армия вооружена первоклассной техникой для стереоскопического анализа аэрофотоснимков, но в тот период были случаи неиспользования этой техники из-за того, что некоторые специалисты были в плену у старых традиций; они ограничивались рассматриванием фотоснимков в обычную лупу, пренебрегая стереоскопическим анализом, за что их и называли «плоскостниками» в отличие от «стереоскопистов».

Однажды «плоскостники» прислали шесть снимков занятого фашистами района, якобы непригодных для дешифрирования ввиду очень мелкого масштаба. Эти снимки были подвергнуты стереоскопическому анализу, и в результате удалось вскрыть очень много военных объектов противника. Однако «плоскостники» заявили о большом количестве якобы пропущенных при этом анализе объектов. В доказательство все снимки были ими испещ-

рены дополнительными условными обозначениями. На поверку же оказалось, что на сей раз «плоскостники» переусердствовали. Например, на зимнем снимке пулемётное гнездо обычно выглядит в виде точки, стоящей на конце серенькой чёрточки. Именно около такого изображения «плоскостники» и поставили свой корректировочный знак. Но при рассматривании в стереоскоп серенькая чёрточка стоит перпендикулярно к снежному покрову и является не ходом сообщения к пулемётному гнезду, как думали «плоскостники», а обычным телеграфным столбом, у основания которого ветром выдуло снег. Несколько таких же столбов на определённых расстояниях даже не были замечены в обычную лупу, тогда как при стереоэффекте они ясно видны.

В другой раз на двух снимках части аэродрома, занятого в то время фашистами, с помощью стереоскопического анализа было обнаружено 13 самолётов противника, и таким образом удалось предотвратить один из крупнейших налётов на Ленинград. 75 самолётов в момент старта были застигнуты врасплох нашими лётчиками, и 34 из них были уничтожены на земле. До стереоскопического анализа указанных снимков при плоском дешифрировании на них было обнаружено всего 3 самолёта, и то неуверенно. И действительно, в обычную лупу большего увидеть было невозможно. Недавно выпавший снег к моменту съёмки местами растаял, и всё поле аэродрома было пёстрое, самолёты же были камуфлированы. Поэтому нет ничего удивительного в том, что пёстрое на пёстром терялось. Но благодаря стереоэффекту самолёты ясно оторвались от поверхности аэродрома, и их легко было пересчитать. С помощью стереоэффекта аэрофотоснимков безошибочно определяется даже движение объектов, скорость этого движения и направление. Самая искусная маскировка разоблачается с помощью стереоэффекта. Был случай, когда по совершенно негодным для плоского дешифрирования снимкам была обнаружена дальнобойная артиллерия, запрятанная фашистами под землёй.

Стереоскопический анализ применяется во всех армиях. Но стереофотография имеет большое значение не только в военном деле. Известные растровые стереоскопические портреты изготовляют, наклеивая плёночный растр на одно стекло, а сдвоенную бумажную фотографию — на другое. В этом случае стереоэффект возникает сравнительно хороший, но ни плёнка, ни бумага здесь не являются обязательными. У нас ещё в 1937 году были осуществлены растровые стереофотографии непосредственно на стекле, без плёнки и бумаги. Это доказывает, что стекло в растровой стереофотографии необходимо, тогда как плёнка и бумага лишь ухудшают качество и усложняют технологический процесс.

Более эффективное применение плёнки в стереофотографии может быть осуществлено в другой форме: непосредственно на цветной многослойной плёнке 35 мм ширины с 19 мм шагом перфорации производится съёмка раздельных изображений стереопары. Полученные таким путём снимки удобно просматриваются в соответствующий стереоскоп и демонстрируются на стереоэкране, обеспечивая высококачественный стереоэффект.

Например, сразу после дождя была снята роза. При рассмотрении снимка в стереоскоп можно видеть, что лепестки розы — ярко насыщенного розового цвета; ясно видны их форма, толщина и нежная бархатистость поверхности, на которой как бы застыли капельки дождя с их бриллиантовым блеском.

Видно не только то, что листья розы зелёные, но легко различаются старые и молодые листья, вне зависимости от их размеров.

Чётко видна не только форма листьев, резко отличная от листьев шиповника, но и то, что некоторые листья подгорели по краю от солнца.

Самое же изумительное впечатление остаётся от ясного ощущения того, что некоторые листья совершенно мокрые, а другие — успели подсохнуть.

Из этого следует, что в цветной стереофотографии воспроизводится, помимо других видимых признаков, не только ощущение материальности предметов, но и состояние материи в момент съёмки.

Если сравнить описанное стереоскопическое изображение с теми многочисленными изображениями роз, которые широко представлены во всех других видах изобразительного искусства, то каждый сделает вывод, что ни одно из других изобразительных искусств не обладает таким богатством выразительных средств, какое присуще цветной стереофотографии.

В цветных стереоскопических портретах, снятых на плёнку, видны не только возраст, тип, характер, настроение, цвет, форма, освещение и прочие характеристики объекта, которые в той или иной степени удаётся воспроизвести в других видах изобразительного искусства, но и целый ряд более тонких характеристик, не доступных им.

Например, ясно видна структура кожи лица, матовая или блестящая поверхность, наличие пудры, румян и даже нежнейший пушок на детском лице. Видны не только форма и выражение глаз (с реальным пространственным положением ресниц), но и их особый, именно стереоскопический блеск с передачей таких тонкостей, которые с трудом улавливаются даже в натуре.

Такие богатые возможности цветной стереофотографии открывают для её применения необъятные горизонты в различных областях народного хозяйства страны и в искусстве.

Физиология стереоэффекта

Стереоэффект возникает в результате взаимодействия правого и левого глаз. Механизм этого взаимодействия мало изучен. Мы предлагаем вниманию читателя следующее объяснение психо-физиологической стороны вопроса о стереоэффекте в результате взаимодействия двух глаз.

Известно, что в абсолютной темноте мы можем наощупь определить, с помощью осязания, толщину предметов, например, отли-

чить толщину листа бумаги от толщины картона и даже толщину папиросной бумаги — от толщины писчей.

Скажем больше: что и без наличия указанных предметов в тех же условиях мы можем сознательно расставить подушечки пальцев в соответствии с толщиной названных предметов.

Из этого факта следует тот вывод, что наше сознание может довольно точно ощущать степень усилия наших мышц. В применении к глазам этот вывод также остаётся неизменным; при закрытых веках мы можем поворачивать глаза во всех направлениях в полном соответствии с нашим желанием, можем фиксировать глаза при закрытых веках на любую воображаемую точку пространства.

Известно, далее, что всякая точка предмета при восприятии её двумя глазами изобразится на ретинах[1] наших глаз в виде двух одноимённых точек. Сигналы обоих глаз о видимых двух точках наше сознание может расценить двояко: или как сигналы от двух или как сигналы от одной реальной точки. Достаточно самого незначительного нажима пальцем на одно из глазных яблок, чтобы наше сознание оценило эти сигналы как от двух реальных точек. В случае же нормального фиксирования нашего зрения на одну реальную точку сигналы обоих глаз оцениваются сознанием как сигналы от одной реальной точки. Причём это сознание будет тем убедительнее, чем ближе располагается наблюдаемая точка к зрительным осям обоих глаз.

Отсюда следует вывод, что на ретинах глаз имеются «корреспондирующие точки ретины», сигналы которых воспринимаются за один сигнал.

Оба эти установленных факта дают основание сказать, что наше сознание, ощущая то мышечное усилие, которое необходимо для соответствующего поворота глаз, выносит суждение о величине угла, под которым пересекаются визирные оси глаз в момент совпадения одноимённых точек изображения с корреспондирующими точками ретины.

Угол, под которым пересекаются визирные оси глаз, называется стереоскопическим параллаксом, или углом конвергенции, то есть углом пересечения зрительных осей наших глаз.

Величина угла конвергенции равна 0°, когда мы смотрим на бесконечно удалённые предметы, например, луну, звёзды, и равна примерно 15° в тот момент, когда мы фиксируем предметы, находящиеся от глаз на расстоянии 25 см, например, при чтении.

Поскольку никаких других существенных изменений, кроме изменения величины угла конвергенции от 0 до 15°, не происходит, автор делает вывод о том, что именно угол конвергенции является решающим фактором при нашем суждении о расстоянии в глубину, определяемом с помощью двух глаз. Материальная же основа этого суждения заключается, по мнению автора, в нашем ощущении степени усилий тех мышц, которые поворачивают глаза

[1] Ретина — светочувствительная оболочка глаза.

до совпадения одноимённых точек изображения с корреспондирующими точками на ретинах обоих глаз.

В науке о физиологии зрения по этому вопросу существуют другие, более подробные объяснения. Здесь же можно ограничиться сказанным.

Оптико-физические основы стереоскопии

Рисунок 1 изображает принципиальную схему обычного фотоаппарата. Лучи 1—1′ и 2—2′, проходящие через оптический центр объектива без преломления, падают на границы фотопластинки, образуя угол φ, который называется углом поля зрения объектива. Расстояние *F* называется главным фокусным расстоянием объектива. При съёмке оно устанавливается тогда, когда желают получить резкий снимок удалённых объектов. Как говорят, «объектив поставлен на бесконечность». Расстояние *f′* называется сопряжённым фокусным расстоянием. Такое расстояние между центром объектива и пластинкой устанавливается в тех случаях, когда фотоаппарат находится ближе 10—20 м от снимаемого объекта. Нетрудно заметить, что чем ближе до объекта, тем длиннее сопряжённое фокусное расстояние и тем меньше угол поля зрения φ.

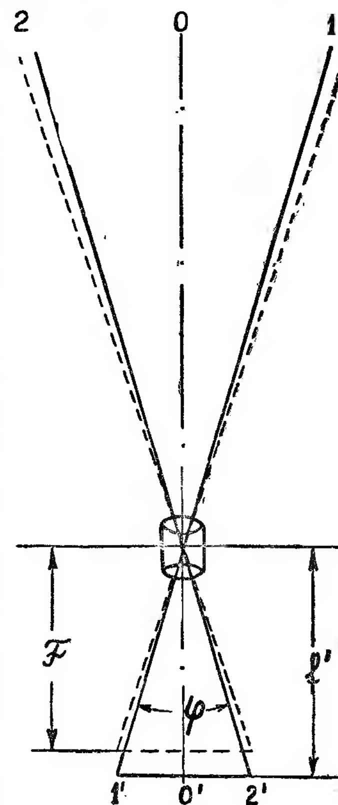


Рис. 1.

В данной схеме приведены только два крайних луча — 1—1′ и 2—2′ и нулевой осевой луч 0—0′.

На самом деле в построении фотографического изображения участвует бесконечное множество лучей.

Даже в построении изображения лишь одной точки, например, точки 1′, участвует целый пучок лучей, обозначенных цифрой 1 на рисунке 2.

Если точка объекта съёмки находится бесконечно далеко от объектива, то практически лучи света падают от неё на объектив параллельным пучком, а по выходе из объектива этот пучок собирается в одну точку на фотопластинке. Выходящий из объектива пучок лучей света имеет форму конуса. Вершина этого конуса касается

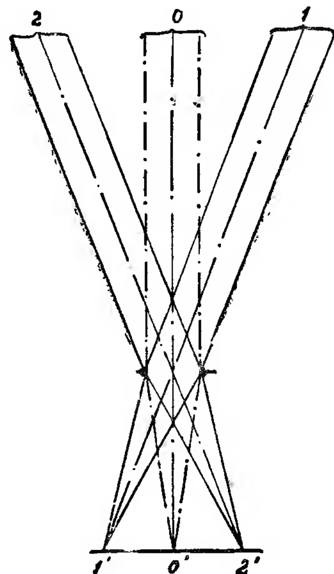


Рис. 2.

поверхности фотопластинки. Любая точка, изображённая на пластинке, получена с помощью такого конуса лучей света.

Если условно разбить изображение фотопластинки на миллион элементарных точек, то можно сказать, что в создании этого изображения участвовал миллион пучков лучей света, падавших на объектив фотоаппарата. Иначе сказать, объектив превратил миллион пучков параллельных лучей света в миллион световых конусов, которые своими вершинами коснулись поверхности фотопластинки и вызвали на ней почернение, пропорциональное той силе света, которую излучала соответствующая точка объекта съёмки.

Строение человеческого глаза внешне напоминает устройство фотоаппарата, с той, однако, разницей, что расстояние между оптическим центром и светочувствительной поверхностью глаза практически остаётся неизменным, а меняется лишь кривизна поверхности хрусталика глаза в зависимости от того, близкий или дальний предмет мы рассматриваем.

Как и в фотоаппарате, на поверхность хрусталика глаза падают миллионы пучков параллельных лучей, которые хрусталиком превращаются в световые конусы. Вершины световых конусов касаются поверхности ретины глаза и вызывают в светочувствительных элементах (палочках и колбочках) раздражение, пропорциональное той силе света, которую излучает соответствующая точка объекта.

Если точка объекта расположена близко (рис. 3), пучок лучей света, падающих на хрусталик, воспринимается глазом не как параллельный, а как расходящийся, в виде конуса с вершиной в точке О. Угол расхождения лучей от точки О обозначен на рис. 3 буквой α. Он называется углом аккомодации. В этом случае автоматическим действием ресничной мышцы хрусталик аккомодирует, то есть приобретает более выпуклую форму, способную собрать в фокус расходящийся пучок опять же на поверхность ретины. Человек ощущает степень усилий ресничной мышцы, необходимых для аккомодации хрусталика глаза, лишь в том случае, если рассматриваемый предмет находится в удалении от 15 см до 5 м, и на основании этого судит об относительной удалённости наблюдаемой точки.

Для суждения о расстоянии, простирающемся до более удалённых предметов, необходимо учитывать взаимодействие обоих глаз, которое характеризуется углом конвергенции. На рис. 4 этот угол обозначен буквой β. В практической действительности вершина угла аккомодации α и вершина угла конвергенции β всегда оказываются в одной и той же точке, которую мы в данное мгновение рассматриваем. Однако искусственно аккомодацию и конвергенцию можно разорвать и после известной тренировки ими можно пользоваться раздельно.

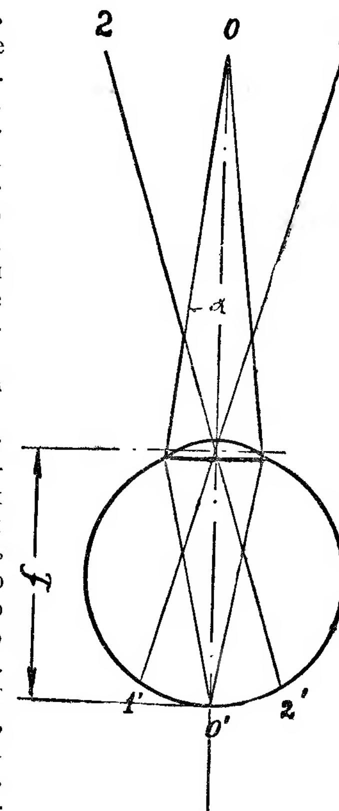


Рис. 3.

Как это достигается, покажем на рис. 5 (см. стр. 12).

На листе бумаги 1—2 можно нарисовать две точки, a_1 и a_2, или наклеить два совершенно одинаковых рисунка или две фотографии. Если дальше между глазами поставить непрозрачную перегородку 3—4, то каждый глаз будет видеть только одно из двух изображений (расстояние до бумаги удобнее взять 30—40 см). Вначале эти два изображения будут восприниматься как два изображения, но через 2—3 минуты, а иногда и раньше они сольются в одно. Некоторое время это изображение будет нерезким, потому что по привычке хрусталик будет аккомодирован на точку a, где пересеклись зрительные оси глаз в момент слияния двух изображений в одно. Но потом это изображение станет чётким, ясным и несколько бо́льшим по размеру, чем действительное. Чёткость изображения, полученного в результате раздельного восприятия двух изображений, свидетельствует о том, что произошёл разрыв аккомодации и конвергенции. На рисунке видно, что вершины конусов, характеризующих аккомодацию, остались в точках a_1 и a_2, тогда как пересечение осей хрусталиков глаз происходит в точке a, то есть искусственно создаётся положение, обратное тому, которое получается у лиц, страдающих дальнозоркостью.

Тот факт, что суммарное изображение воспринимается нами в точке a, но не в точке a_1 и не в точке a_2, как это следует из сигналов каждого глаза в отдельности, говорит об исключительном значении угла конвергенции. Именно поэтому угол конвергенции β является, по мнению автора, основой всех основ стереоскопии.

Описанный приём совмещения стереопар носит название «параллельных осей», так как при максимальном (65 мм) расстоянии

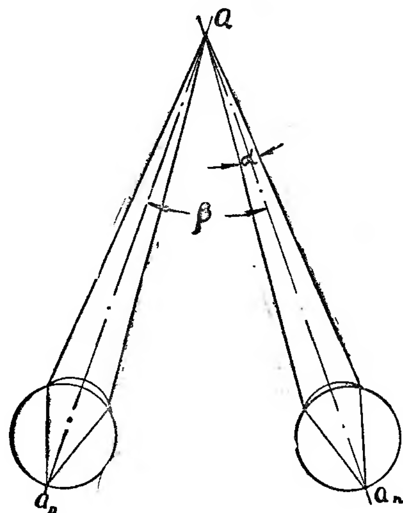


Рис. 4.

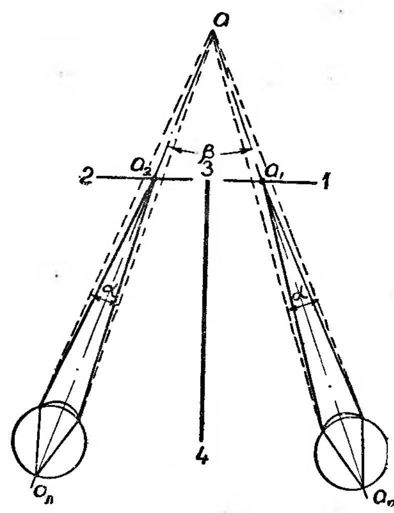


Рис. 5.

между изображениями оси хрусталиков глаз действительно идут параллельно.

Такая тренировка глаз весьма полезна для занимающихся стереоскопией.

Есть ещё другой приём совмещения стереопар, который носит название «пересечных осей». Он заключается в том, что в картоне или бумаге вырезается отверстие, обычно квадратной формы, размером примерно 50×50 мм. Картон и стереопара расставляются, как показано на рис. 6. Суммарное изображение возникает в отверстии картона несколько меньшего размера, чем в действительности.

Рис. 7 показывает, что в этом приёме совмещения стереопар вершины конусов аккомодации оказываются дальше, чем точка пересечения зрительных осей глаз, то есть создаётся положение, обратное тому, которое возникает у лиц, страдающих близорукостью.

Указанный приём очень удобен тем, что размеры совмещаемых изображений здесь не ограничены, как в первом случае. Однако тренировку глаз не следует начинать с этого приёма. Дело в том, что на практике он даётся очень легко, но после его освоения почти невозможно освоить приём «параллельных осей», тогда как, наоборот, начиная с параллельных осей, удаётся освоить оба приёма и владеть ими в совершенстве. В конечном итоге перегородка и картон с окошечком окажутся ненужными и совмещение изображений тем или другим приёмом потребует самых незначительных усилий.

По сравнению с приёмами тренировки зрения, описанными в

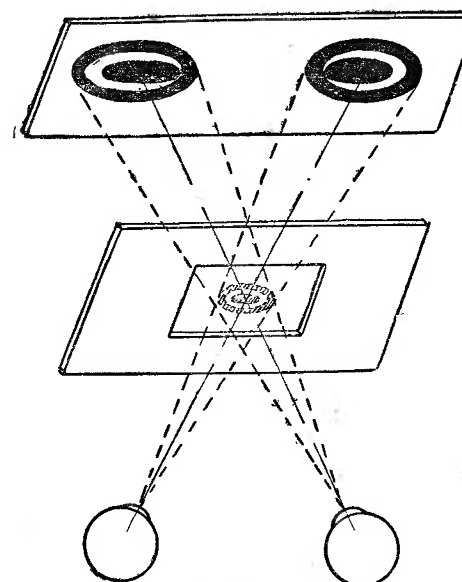


Рис. 6.

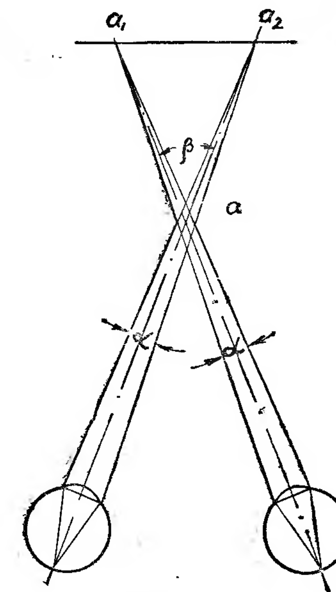


Рис. 7.

специальной литературе, где для совмещения изображений рекомендуется нажимать пальцами на глазное яблоко, описанные здесь приёмы совершенно безболезненны и, как показывает опыт, легко осваиваются.

Однако стереоскоп и стереоэкран должны избавить зрителя от необходимости и этой тренировки.

Существующие конструкции стереоскопов

На рис. 8 (см. стр. 14) изображена схема обычного стереоскопа, из которой следует, что свет от точек стереопары (П и Л) падает на линзы стереоскопа расходящимся пучком, но по выходе из линз он достигает хрусталиков глаз в виде параллельных пучков 1—3—5 и 2—4—6, то есть идёт параллельно направлению осей 1-П и 2-Л. Это значит, что разрыва аккомодации и конвергенции в стереоскопе не происходит.

К сожалению, все существующие конструкции стереоскопов пренебрегают необходимостью совмещения осей линз с осями хрусталиков глаз. Обычно ставят оптические центры линз стереоскопа на расстоянии в 63—65 мм по тем соображениям, что после линз лучи идут параллельными пучками и что 63—65 мм есть средняя арифметическая величина расстояния между зрачками глаз различных людей. Это расстояние называется стереобазисом или просто базисом. В бинокле базис переменный, и поэтому изображение в нём более совершенное, так как оси

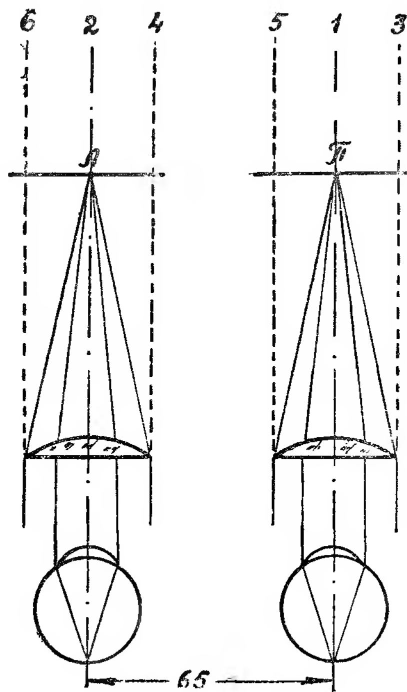


Рис. 8.

линз окуляра совмещаются с осями хрусталиков глаз каждого человека.

В стереоскопе это не осуществляется из желания не усложнять и не удорожать его конструкцию. Но в результате снижается качество стереоскопических изображений.

Есть и другие недостатки в существующих конструкциях стереоскопов, затрудняющие их широкое применение. Например, самый распространённый, так называемый школьный стереоскоп требует юстировки оптики, снятия предыдущей и вставления каждой новой фотографии в соответствующее место стереоскопа при условии, что глаза в это время не видят ни коробки, где лежат фотографии, ни руки, меняющей фотографии.

Если же оторвать глаза от стереоскопа, то их необходимо вновь как-то подстраивать, а если учесть, что полулинзы школьного стереоскопа связаны жёстко, то фактически подстроить последние для всех глаз невозможно, поскольку статистика отмечает различное расстояние между зрачками глаз отдельных людей. Это расстояние лежит в пределах от 58 до 72 мм.

Недавно был выпущен стереоскоп с дисками, на которых смонтировано семь стереопар цветных кадриков. Этот стереоскоп, хотя и имеет то преимущество перед школьным, что позволяет сразу просмотреть семь изображений, да к тому же цветных, всё-таки не решает задачи до конца. Во-первых, у него линзы тоже скреплены жёстко и ко всем глазам не подходят. Одни зрители видят в этот стереоскоп хорошо, другие — плохо. Во-вторых, кадрики размером 10 $\times$ 11 мм так мелки, что хорошего изображения показать невозможно. В-третьих, ни один фотолюбитель снять такие кадрики не в состоянии, ибо для этого ему понадобились бы две спаренные узкоплёночные кинокамеры или специальный аппарат для уменьшения. И то и другое ему недоступно. В-четвёртых, монтаж стереопары на дисках требует точностей, которые невыполнимы в любительских условиях. Даже в дисках «Диафото» очень часто попадаются стереопары с вертикальным параллаксом, который разрушает стереоэффект.

В стереоскопах сложной конструкции, например, стереокомпараторе, стереопланиграфе и т. п., юстировка стереопары осуществляется с помощью микрометренных винтов, но это не значит, что зрение в данном случае не претерпевает чрезмерных напряжений, от которых можно было бы избавиться, если бы процесс стереосъёмки производился с бо́льшей точностью, чем это обычно принято. Из-за неточностей, допускаемых в процессе съёмки, основная тяжесть с юстировкой стереопары переключается на момент рассматриваний и измерений; порой вся энергия здесь уходит на юстировку, а не на основной процесс.

Нередко приходится быть свидетелем и того, как в бинокулярную лупу или бинокулярный микроскоп смотрят одним глазом только потому, что разъюстировалась оптика, обеспечивающая нормальный стереоэффект, или в конструкции не обеспечено необходимое освещение объектов.

Чаще всего в один окуляр видно чёткое и хорошо освещённое изображение, а в другом окуляре совсем темно, то есть нарушен световой баланс стереопары. В результате видимое изображение ничем не отличается от плоского, кроме известного неприятного ощущения в том глазу, который не получает необходимую порцию света. Ясно, что в таких условиях считают правильнее не напрягать напрасно зрения и закрыть тот глаз, который всё равно ничего не видит.

Выясним теперь основные факторы, от которых зависит качественное наблюдение стереоэффекта.

Разрешающая способность и размеры стереокадров

В существующей практике стереофото можно отметить большое количество самых разнообразных конфигураций и размеров стереокадров — от 24 $\times$ 30 см до 7 $\times$ 10 мм. В связи с этим встаёт вопрос о сокращении количества размеров и приведении их в соответствие с определёнными нормами. Решение этого вопроса уже подготовлено рядом теоретических и эксперименталь-

ных исследований, проведённых в других областях науки и техники. Данные этих исследований позволяют выяснить определённые понятия и их количественные выражения в факторах, определяющих наиболее целесообразные размеры стереокадров.

Такими факторами являются:

1. Разрешающая способность человеческого глаза; известно, что две точки, стоящие близко одна к другой, при определённых условиях воспринимаются нашим глазом за одну точку. Рядом исследований установлено, что слияние двух точек в одну происходит по причине, заложенной в структуре ретины. Как известно, последняя состоит из отдельных светочувствительных элементов, имеющих определённый поперечник. В наиболее чувствительной части ретины, расположенной против зрительной оси и носящей название жёлтого пятна, размер поперечника светочувствительного элемента составляет около 5 микрон. Две точки могут быть восприняты раздельно лишь в том случае, если их изображения расположатся не на одном элементе. Простой подсчёт показывает, что угол, образуемый двумя лучами, идущими из оптического центра глаза на центры двух соседних элементов, составляет около 26 угловых секунд (Фефилов). Однако, в зависимости от освещения, глаз разрешает раздельное восприятие двух точек, видимых под углом от 7 угловых минут до 30 секунд (Майзель). С другой стороны, необходимо учесть, что в полиграфических изображениях, отпечатанных с помощью растра, имеющего 100 линий в 1 см, и применяемых для высококачественных научных и художественных изданий, расстояние между отдельными растровыми точками составляет 0,1 мм. Если такое изображение рассматривать с расстояния в 300—350 мм, то все точки изображения сливаются в единое изображение. При самом благоприятном освещении отдельные растровые точки с такого расстояния не просматриваются. Но отношение 0,1/350 близко к тангенсу одной минуты, поэтому для практических целей стереофотографии высокого качества можно принять разрешающую способность человеческого глаза, равную 1′.

2. Разрешающая сила объектива; для различных марок объективов она имеет разные показания. Так, например, в известной таблице проф. Тудоровского для объективов с f′ = от 300 до 210 мм приведены данные разрешающей силы от 275 до 121 линии в 1 мм для центра поля и до 68 линий в 1 мм для края поля. В таблице проф. Бурмистрова для специальных объективов, применяемых в точной фотографии и проекции, с f′ = от 8 до 100 мм приведены данные разрешающей силы от 600 до 200 линий в 1 мм. Эти данные верны для объектов с контрастом более 1/10. Большинство высококачественных объективов, применяемых в обычной фотографии и пригодных для целей стереофотографии, характеризуется разрешающей силой в 100 и более линий в 1 мм.

3. Разрешающая способность фотоэмульсий; она характеризуется также количеством линий, разрешаемых в 1 мм. Для различных марок негативного фотоматериала разрешающая способность фотоэмульсии колеблется от 30 до 300 линий в 1 мм в зависимости от величины зерна эмульсии. Как правило, эмульсии с высокой разрешающей способностью обладают очень низкой чувствительностью и не пригодны для целей обычной фотографии.

Для цветных эмульсий многослойных плёнок, считающихся беззернистыми, также существует предел разрешающей способности по причине диффузии красителей, а также зёрен серебра, вокруг которых образуется красящее вещество.

Для негативно-позитивных многослойных цветных плёнок разрешающая способность составляет 50—55 линий в 1 мм.

Для многослойной цветной плёнки с обращением разрешающую способность можно принять за 80—90 линий в 1 мм.

4. Предельное поле зрения, перекрываемое обоими глазами человека, характеризуется величиной угла, равного 120—130°. Поле наиболее ясного видения, определяемого размером жёлтого пятна, не превышает 3°. Средняя величина угла поля зрения, в пределах которого происходит восприятие произведений киноискусства, характеризуется отношением поперечника киноэкрана к расстоянию между экраном и зрителем. Эта величина колеблется от 7—8° до 30—35°, в зависимости от расстояния между экраном и зрителем. По данным проф. Голдовского, наиболее приемлемая величина среднего поля зрения для одного глаза составляет 22° по вертикали и 30° по горизонтали; поле зрения обоих глаз составляет по горизонтали 40°. Исходя из этих данных, можно принять, что перекрывающееся поле зрения обоих глаз, в котором только и может возникать стереоэффект, составит четырёхугольное поле 22° по вертикали и 20° по горизонтали.

5. Конфигурация кадра; она характеризуется отношением высоты к ширине. В различных произведениях изобразительного искусства это отношение меняется в зависимости от композиции и содержания. Так, для изображения батальных сцен и панорам удобнее прямоугольник, вытянутый по горизонтали; для изображения портрета в рост удобнее такой же прямоугольник, вытянутый по вертикали; для концентрации внимания удобен круг; охватывающей все названные конфигурации геометрической фигурой является квадрат.

Поле фотообъектива характеризуется кругом. Но все фоточувствительные материалы принято изготовлять на прямоугольных плоских подложках. Рациональное использование площади этих фотоматериалов возможно с помощью прямоугольных фигур. Наибольший коэфициент в использовании круглого поля объектива имеет прямоугольная форма в виде квадрата.

Учитывая некоторые из приведённых факторов (4 и 5), можно придти к заключению, что в стереофотографии целесообразнее

всего будет квадратная конфигурация стереокадра, которая вписывается в перекрывающееся поле зрения обоих глаз в пределах 20—22°.

Исходя из разрешающей способности глаза в 1′ (фактор 1), можно сказать, что горизонтальный поперечник стереокадра высокого изобразительного качества характеризуется таким количеством элементов, которое вытекает из 20° и 1′. Но $\frac{20 \times 60^{\circ}}{1'} = 1\,200$ элементов по горизонтали и примерно такому же количеству их по вертикали (точнее — 1 320 элементов).

Таким образом, если поле стереокадра будет состоять из отдельных элементов в количестве $1\,200 \times 1\,320 = 1\,584\,000$, то такое поле будет восприниматься как единое слитое изображение высокого качества, пригодное для научных и художественных целей (факторы 1, 4 и 5).

Поскольку лимитирующим фактором в определении линейных размеров стереокадра является разрешающая способность плёнки (фактор 3), а не объектива (фактор 2), то можно, исходя из факторов 1, 2, 3, 4, 5, заключить, что:

а) для негативно-позитивной цветной плёнки размер стереокадра будет вытекать из отношений $\frac{1\,200}{50}$ и $\frac{1\,350}{50}$, то есть будет равен 24×26 мм;

б) для цветной плёнки с обращением размер стереокадра будет вытекать из отношений $\frac{1\,200}{80}$ и $\frac{1\,320}{80}$, то есть будет равен 15×16 мм.

6. Фокусное расстояние объектива. Известно, что линейная перспектива фотографии даёт наилучший эффект в том случае, когда она рассматривается под тем же углом зрения, который был при съёмке. Исходя из этого, вернее, идя обратным путём от поля зрения 20—22° и от размера кадра, равного 15×16 мм, можно определить, что в стереофотосъёмке наилучший результат получится с объективами, у которых $f = 56$ мм. Из применяемых в обычной фотографии подойдёт объектив с $f = 50$ мм.

7. Размер плёнки и её качество; лучше всего для целей стереофотографии подходит многослойная цветная плёнка с обращением 35 мм ширины при условии, что шаг её перфораций будет равен не 4,75 мм, а 19 мм ($4{,}75 \times 4 = 19$ мм).

На такой плёнке два кадра размером 15×16 мм располагаются в пределах той же длины (19 мм), которую занимает обычный кинокадр размером 16×22 мм (см. рис. 9-а).

Описанные выше изображения розы и портретов были сняты именно на такой плёнке.

На такой плёнке (только чёрно-белой) были сняты и стереофильмы «Парад молодости» (1945 год), «Робинзон Крузо» (1947 год), «Машина 22-12» (1948 год).

Цветные и объёмно-пространственные изображения на многослойной цветной обратимой плёнке получаются со всеми видимыми человеку деталями в пределах того поля зрения его глаз, которое является оптимальным для кино.

К сожалению, в настоящее время такая плёнка не выпускается нашей промышленностью, но целесообразность применения её в стереофотографии не вызывает сомнения. Удачное совпадение размеров кадра с 35 мм шириной плёнки и 19 мм шагом перфораций позволяет снимать стереокадры даже размером 15×19 мм. В результате полезная площадь плёнки используется на все 100%, тогда как самый высокий коэфициент использования полезной площади плёнки, известный в кинопромышленности, не превышает 75%.

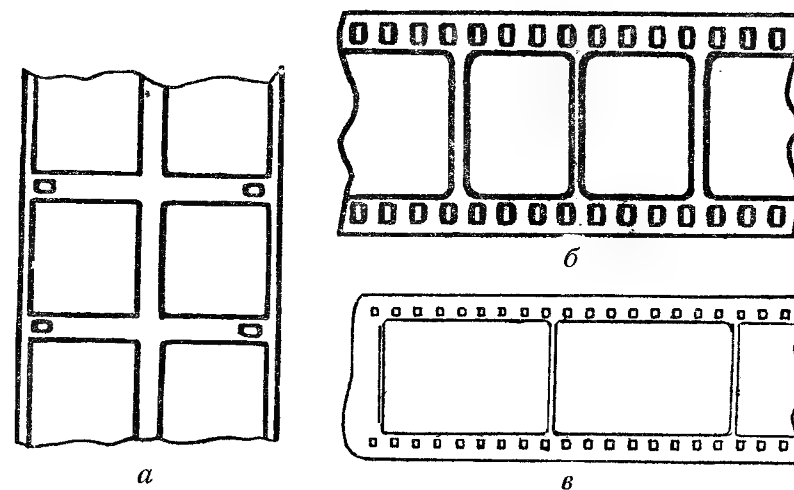


Рис. 9.

Из этого следует, в частности, тот вывод, что если на плёнке с обычной перфорацией можно снять 18 стереопар с кадрами размером 24×36 мм или 36 стереопар с размером кадров 18×24 мм, то на той же площади плёнки с 19 мм шагом перфораций можно снять 72 стереопары с размером кадров 15×19 мм (рис. 9). При рассматривании же и те, и другие, и третьи кадры при прочих равных условиях будут иметь одно и то же количество деталей, то есть одно и то же качество изображений.

С этим выводом не сразу можно согласиться, но он абсолютно правилен, если внимательно проанализировать взаимосвязанность указанных выше факторов и исходить из того, что более 1 584 тысяч деталей в поле зрения 20—22° глаз не разрешает, а рассмат-

ривание под бо́льшим углом находится в противоречии с шестым фактором, согласно которому линейная перспектива изображения даёт наилучший эффект в том случае, если изображение рассматривается под тем же углом зрения, который был при съёмке.

Конечно, всю стереофотосъёмку не обязательно сводить к кадру размером 15 × 16 мм.

Этот размер, по мнению автора, можно было бы рекомендовать для стереофото, поскольку он удовлетворяет многим условиям; вместе с тем такой размер не исключает, а, наоборот, предопределяет другие, в частности, бо́льшие размеры стереокадров. В тех случаях стереофотосъёмки, когда необходимо охватить бо́льший угол поля зрения с целью последующего рассматривания отдельных участков этого поля с увеличением, можно, исходя из норм данного размера, подобрать наиболее целесообразные данные и для других размеров кадра, и для оптики, и для фоточувствительных материалов.

Описание остальных особенностей стереофотографии мы даём применительно к этому размеру; отклонение делается только для описания способа стереофотосъёмки с помощью аппарата «ФЭД», по случаю его широкого распространения.

Простейший способ стереофотосъёмки

Определив наилучший размер стереокадра и подходящее фокусное расстояние объектива, можно перейти к решению более сложных задач стереофотографии.

Расстояние между зрачками глаз человека называют стереобазисом, и в прошлом стереофотоаппараты делали очень просто, расставляя объективы на среднюю величину человеческого стереобазиса, то есть на 65 мм.

Однако портреты, снятые с таким базисом, порой искажались до карикатуры, а слишком удалённые объекты (например, горный ландшафт, пейзаж, здание и т. п.), снятые без близкого переднего плана, почти ничем не отличались от плоской фотографии.

Принципиальная ошибка состояла здесь в выборе постоянного базиса, равного 65 мм.

Чтобы легче разобраться в существе вопроса, рассмотрим схему, показывающую, как человек воспринимает наблюдаемые предметы двумя глазами (рис. 10).

Если мы смотрим вдаль, то оси хрусталиков глаз 3—4 идут параллельно. Можно считать, что лучи 1 и 2, 5 и 6, ограничивающие поле зрения каждого глаза, также идут параллельно друг другу, то есть 1-й параллелен 2-му, 5-й параллелен 6-му. Если мы фиксируем внимание на предмете, отстоящем от нас на расстоянии, скажем, в 2 м (рис. 11), то вершина угла конвергенции будет находиться на расстоянии в 2 м. Лучи, ограничивающие поле зрения, также пересекутся в плоскости, отстоящей на 2 м. Строго говоря, углы β_1 и β_2 меньше угла β, однако вершины их лежат в одной плоскости с вершиной угла β.

Чёткого ограничения поля зрения человеческих глаз нет, но при стереосъёмке поле зрения объектива чётко очерчивается границами рамки, стоящей у пластинки или плёнки.

Поэтому в дальнейшем мы будем исходить из чётко очерченной границы поля зрения в соответствии с выведенными ранее величинами и условимся называть границу поля рамкой, которая ограничивает поле зрения и может менять свои размеры в зависимости от изменений расстояния, на каком она будет находиться от глаз.

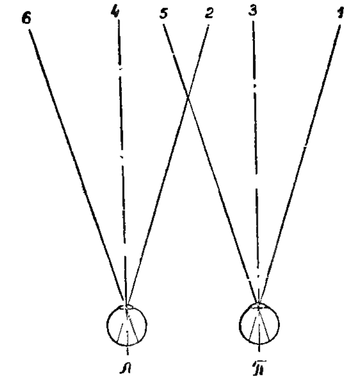


Рис. 10.

Так, на рис. 10 рамка находится в бесконечности, а на рис. 11 она отстоит от нас на расстоянии в 2 м. И в том и в другом случае её размеры определяются углами, равными 20—22°. Оба изображённых случая можно точно сфотографировать, поставив объективы вместо глаз и размеры наших кадров стереопары вместо соответствующих мест ретин глаз. В обоих случаях границы кадров стереопары совпадут с границами рамки, поскольку они стягиваются углами 20—22° (рис. 12).

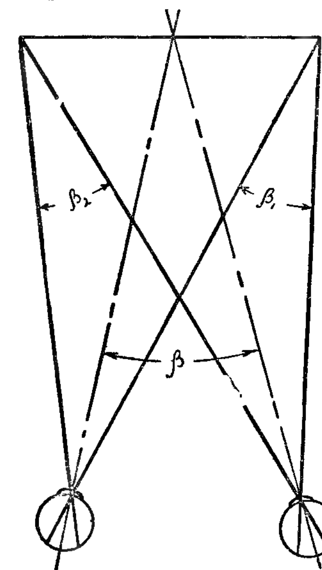


Рис. 11.

Сфотографированные таким образом изображения мы можем поставить соответственно перед глазами так, чтобы границы кадров совпали с границами поля зрения.

Но так как размер кадра равен 15 × 16 мм и для перекрытия соответствующего поля зрения пришлось бы поставить кадр на расстоянии в 50 мм от оптического центра глаза, то для чёткого восприятия кадра нам пришлось бы включить между глазом и кадром соответствующую положительную линзу.

А для того, чтобы правая сторона не оказалась слева и верх — внизу, нам пришлось бы соответственно перевернуть кадры и поменять их местами: левый поставить справа, а правый — слева. В результате мы получим точное воспроизведение видимой действительности во всех трёх измерениях.

Пожертвовав некоторыми точностями в масштабах угла поля

зрения и точностями в воспроизведении третьего измерения, можно изготовить стереоскоп, изображённый на рис. 13, где:

1 и 2 — линзы с f = 75—100 мм,
3 и 4 — трубки длиной 75—100 мм,
5 и 6 — рейки *Г*-образного сечения для связи трубок и для вставления плёнки,
7 — шарнир между прямоугольными концами трубок,
8 и 9 — заклёпки или винты.

Схема этого стереоскопа дана на рис. 14.

Снимать для такого стереоскопа можно только аппаратом типа «ФЭД» (фокус объектива = 50 мм), но лучшие результаты получаются с объективами, у которых f = 75 —100 мм.

При съёмке необходимо строго следить за тем, чтобы один и тот же объект переднего плана пришёлся предельно точно по отношению к какому-либо углу рамки визира.

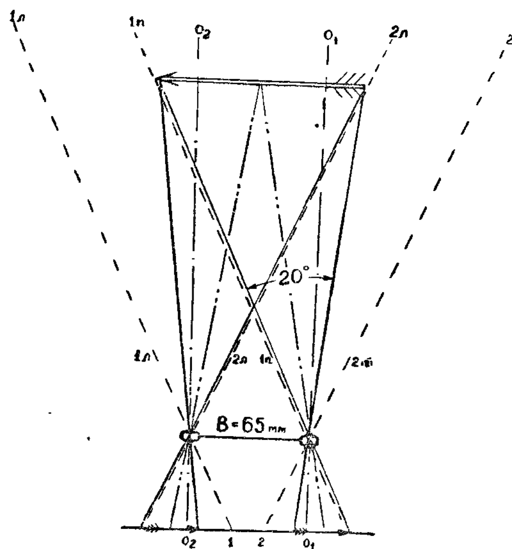


Рис. 12.

Для смещения аппарата на величину базиса достаточно перенести вес корпуса с левой ноги на правую. В случае съёмки очень удалённых объектов можно отойти для второго снимка вправо на нужное количество шагов или метров в соответствии с расчётами, которые изложены ниже. Таким способом можно снять «ФЭД'ом» 18 стереопар в пределах 1,5 м плёнки. Качество изображений,

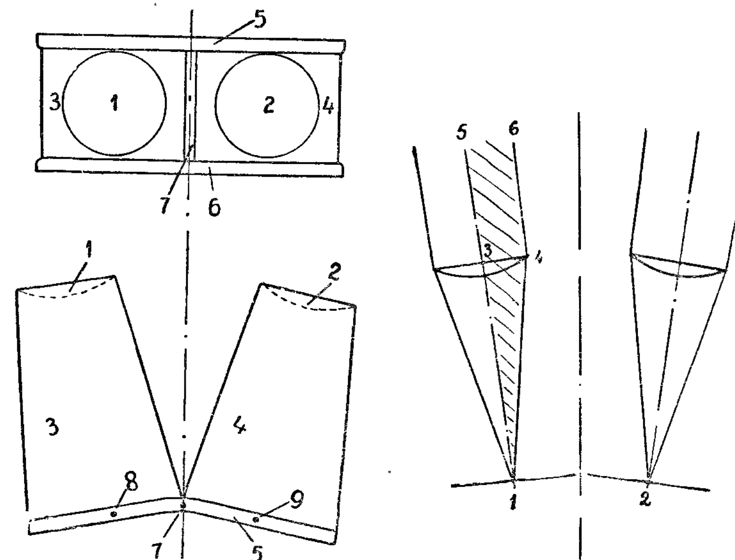


Рис. 13. *Рис. 14.*

по опыту автора, бывает вполне удовлетворительное, особенно если съёмки производить на многослойной плёнке с обращением [1].

Другой способ съёмки «ФЭД'ом» более совершенный, и основан он на применении призматической или зеркальной насадки, которая делит пополам световую пирамиду объектива. Размер кадров стереопары в этом случае будет равен 18 $\times$ 24 мм (см. рис. 9б на стр. 19).

Для рассматривания таких стереопар нужна особая конструкция стереоскопа. Насадку и стереоскоп здесь можно рассчитать и сконструировать на основе расчётов, которые будут изложены ниже применительно к кадру размером 15 $\times$ 16 мм (рис. 16 и 17).

Эти же расчёты могут оказать большую помощь при осуществлении стереофотосъёмки любым фотоаппаратом.

Основы стереосъёмки и стереопроекции

Те кадры стереопар, которые мы сняли для точного воспроизведения видимого пространства, согласно рис. 10 и 11 размером 15 $\times$ 16 мм, могут быть спроицированы на стереоэкран размером 60 $\times$ 64 см также без ощутимых нарушений третьего измерения.

Однако при проекции мы можем обнаружить следующие несовпадения:

[1] Весьма высокое качество воспроизведения цвета объектов при съёмках на плёнке с обращением подтверждается и другими работами: см., например, Е. А. Иофис «Практика цветной фотографии», Госкиноиздат, 1950 г.

1. Если мы совместили бы рамки кадров, снятых согласно рис. 10, с рамкой стереоэкрана, то все предметы, которые мы при съёмке воспринимали лежащими в бесконечности, оказались бы лежащими в плоскости рамки стереоэкрана, а все ближние предметы оказались бы висящими в воздухе, между стереоэкраном и глазами наблюдателя.

2. Если мы спроицировали бы эти кадры так, чтобы предметы, лежавшие в бесконечности при съёмке, оказались бы там же и при стереопроекции, то обнаружили бы несовпадение рамки стереоэкрана с рамками стереокадров. Если базис при съёмке был равен 60 мм, то на стереоэкране от правого кадра справа, а от левого — слева был бы излишек по 30 мм, а на противоположных его сторонах была бы недостача по 30 мм.

В случае же проекции кадров стереопары, снятой согласно рис. 11, никаких несовпадений нам обнаружить не удастся. Все предметы здесь занимают точно те места, которые они занимали при съёмке.

Из этого можно сделать вывод, что в первом случае в процессе съёмки по рис. 10 была допущена ошибка, а во втором случае съёмка была произведена правильно. Поскольку размер нашего стереоэкрана в 40 раз больше размера стереокадра, то является очевидным, что допущенная при съёмке ошибка в расположении рамок кадров по отношению к изображениям составляет величину, равную 0,75 мм в каждом кадре. Если же эту ошибку переключить целиком на один из кадров, то она составит $0{,}75 \times 2 = 1{,}5$ мм.

Рассмотрим теперь схему, изображённую на рис. 15.

Пусть L будет означать расстояние до предметов переднего плана, равное, согласно рис. 11, двум метрам;

f^1 — сопряжённое фокусное расстояние съёмочного объектива, для простоты принимаемое за 50 мм;

B — базис, в нашем случае равный 60 мм;

P — линейная величина параллакса бесконечности.

Если пунктирные линии $a_1 — a_л$ и $a_2 — a_n$ означают оптические оси наших объективов, то можно сказать, что некая точка a, лежащая в бесконечности, изобразится на наших кадрах в точках $a_л$ и a_n, тогда как точка $в$ в левом снимке совпадёт с $a_л$, а в правом снимке — с точкой $в_n$. Из подобия треугольников можно вывести следующую зависимость:

$$\frac{P}{B} = \frac{f^1}{L}; \quad \text{откуда } P = \frac{Bf^1}{L} \qquad (1).$$

Подставив числовые значения, имеем $P = \frac{60 \cdot 50}{2\,000} = 1{,}5$ мм, то есть выясняем размер той ошибки, которую мы обнаружили при проекции.

Рассмотрим теперь третий случай съёмки по рис. 11 с $B = 60$ мм, но при условии, что расстояние до предметов первого плана будет равно не двум, а одному метру. В этом случае при

проекции мы вновь обнаружили бы на стереоэкране недостачу и излишки по 30 мм, только с противоположных сторон, и в дополнение ко всему объекты, лежавшие в бесконечности, например, луна, оказались бы на экране со сдвигом, или, как принято говорить, с параллаксом в 120 мм, причём луна, видимая справа, будет видна правому глазу, а видимая слева — левому. При этих условиях совместить обе луны в одну невозможно.

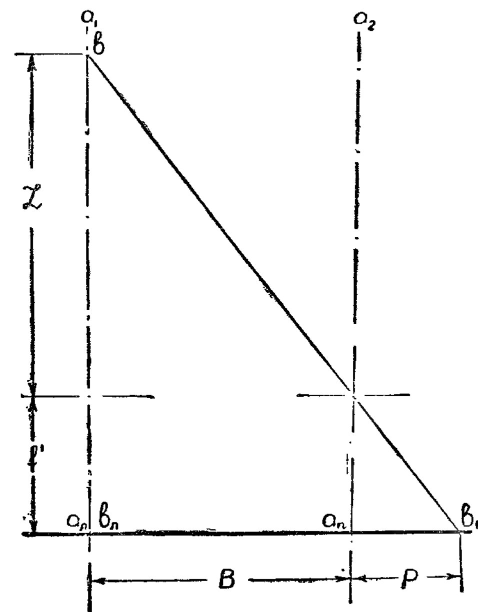


Рис. 15.

Подставив в нашу формулу числовые значения третьего случая съёмки, мы нашли бы, что $P = 3$ мм.

Значит, и по схеме, изображённой на рис. 11, можно снять неправильно.

Для того, чтобы избежать эти неправильности при всех случаях стереосъёмок, автором в 1937 году были определены понятия рампы и параллакса бесконечности как лимита стереосъёмок. На основании этих понятий была выведена съёмочная формула:

$$B = \frac{LP}{f^1} \qquad (2).$$

Как видно, в неё вошли те же обозначения и величины, которые были приведены в рассмотренном примере, с той лишь разницей, что там P определялось постоянной величиной для одних случаев съёмки, но разной — для других случаев.

Так, если для нашего примера принять $P = 1{,}5$ мм и строго не нарушать этой величины при любых значениях L и f, то все случаи стереосъёмки по рис. 11 окажутся правильными. Нетрудно заметить, что во всех этих случаях будет меняться величина B. Другими словами, величина стереобазиса при съёмке должна быть переменной, зависящей от расстояния до переднего плана и от сопряжённого фокусного расстояния объектива.

Для большей популярности приведём следующий пример.

Допустим, что мы производим стереофотосъёмку «ФЭД'ом» с крыши гостиницы «Москва» и хотим заснять Александровский сад. Если мы снимем с базисом, равным 65 мм, то не обнаружим на стереоснимке почти никакой разницы по сравнению с плоской фотографией.

Но если мы учтём, что до входных ворот и решётки сада расстояние от нас равно, скажем, 200 м и подставим эту величину в съёмочную формулу, то найдём, что $B = \frac{200 \cdot 1{,}5}{50} = 6$ м.

(Величина базиса выражается в тех же единицах, в каких выражено L.)

Данный подсчёт показывает, что для второго снимка нам следует отойти на 6 м вправо.

При проекции кадров этой стереопары мы обнаружили бы, что входные ворота и решётка Александровского сада касаются рамки стереоэкрана, чётко отделяясь от деревьев, от Боровицких ворот, от Каменного моста и от высотного здания университета, причём луна оказалась бы там, где ей полагается быть, не вызывая при рассматривании стереопары никакого напряжения в глазах. Другими словами, при проекции произошла бы некоторая перестройка третьего измерения, а именно: до ворот Александровского сада от наблюдателя было бы уже не 200 м, а всего 2 м, до луны было бы так же далеко, как и в натуре, а между этими двумя ориентирами все остальные объекты расположились бы, как на макете, только с чёткостью, какую самый искусный мастер-макетчик не в состоянии осуществить.

Пример этот показывает, что перестройка третьего измерения, которая происходит от применения съёмочной формулы, согласуется и с физиологическими возможностями нашего зрения и с теми законами перспективных построений, которые приняты в архитектуре и живописи. Двенадцатилетний опыт применения этой формулы в советском стереокино полностью подтвердил её принципиальную справедливость.

Вместе с тем приведённый пример показывает, что эту формулу можно успешно применять для съёмок статических объектов обычным аппаратом, например, «ФЭД'ом». Но при съёмках двухобъективным аппаратом использование её наталкивается на определённые ограничения. Эти ограничения можно преодолеть, лишь снимая поочерёдно одним, а потом другим объективом стереофотоаппарата, то есть нарушая его основной принцип одновременного получения двух изображений.

Если же исходить из задачи точного воспроизведения того, что мы видим с помощью нашего нормального стереобазиса, пренебрегая выявлением третьего измерения в удалённых объектах, то двухобъективные стереофотоаппараты могут оказаться пригодными для очень многих случаев стереофотосъёмок. Но для этого в них необходимо внести такие конструктивные изменения, которые согласовали бы границы кадров стереопары с рамкой стереоэкрана.

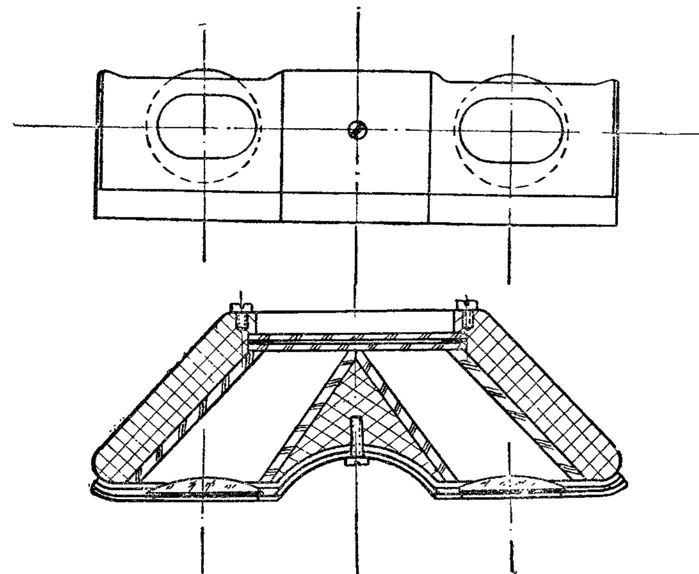


Рис. 16.

Уместно сказать, что в прежних конструкциях стереоскопов положение рамки, ограничивающей поле зрения, или относилось в бесконечность или игнорировалось.

Теперь ясно, что необходимо заранее определить и установить конкретное положение рамки в стереоскопе и весь расчёт как для процесса стереофотосъёмки, так и для процесса рассматривания изображения строго нормализовать.

В той конструкции стереоскопа, которая разработана автором совместно с Ю. М. Бутовым для кадра размером 15 × 16 мм и 18 × 24 мм (рис. 16), учтены эти и целый ряд других моментов, которые при полной своей реализации приводят к весьма совершенной стереоскопии снимков.

Зеркальная стереоприставка

Неограниченное применение съёмочной формулы (2) при съёмках «ФЭД'ом» справедливо лишь для статических объектов. В тех случаях, когда при съёмке необходимо отдать предпочтение

движущимся объектам, приходится согласиться с исключением чрезмерно больших базисов, но сохранить принцип переменного базиса и переменного угла конвергенции.

Наилучшее решение этой задачи достигается в известных пределах с помощью двух зеркал, устанавливаемых перед объективом обычного фотоаппарата.

Зеркальная стереонасадка нашей конструкции (рис. 17) представляет собой два зеркала наружного отражения, которые поставлены к оси объектива под углом 45—50°.

Угол между самими зеркалами близок к 170° и изменяется в зависимости от угла поля зрения объектива и от дистанции L, описанной выше. Расчёт стереобазиса для этой насадки определяется по формуле:

$$B = \frac{qS}{f} \qquad (3),$$

где:

S — расстояние между оптическим центром объектива и стыком зеркальных отражающих поверхностей;

q — расстояние на плёнке между одноимёнными точками стереопары изображений предметов, лежащих в бесконечности; $q = 17{,}4$ мм (для кадра 15×16 мм) при $p = 0{,}4$ мм, а для кадра размером 18×24 мм при $p = 0{,}5$ мм q будет $= 19{,}5$ мм.

Фактически при пользовании этой стереонасадкой приходится определять S, а не базис.

Подставив в это выражение значение B из формулы 2, имеем:

$$S = \frac{fpL}{qf} = \frac{pL}{q} \qquad (4)$$

Эта формула значительно удобнее в расчётах, ибо она даёт сразу значение S. А так как величины p и q постоянны, то расчёт принимает предельно простой вид:

$$S = \frac{pL}{q} = \frac{0{,}4L}{17{,}4} = \frac{L}{43{,}5} \qquad (5)$$

что без всякого риска нарушения стереоэффекта можно округлить:

$$S = \frac{1}{40} L \cong \frac{1}{50} L$$

Для кадра размером 18×24 мм результат будет примерно тот же:

$$S = \frac{0{,}5L}{19{,}5} \cong \frac{1}{39} L, \qquad \text{т. е. } 1/40 - 1/50\, L.$$

Теория стереофотосъёмки с помощью зеркальной насадки в настоящее время только разрабатывается. Вскрыты недостатки этого

способа, которые характеризуются известными краевыми искажениями изображений в стереокино и которые в будущем необходимо устранить. В стереофотографии этих искажений не возникает, если и в съёмке и в проекции применять объективы одинаковых фокусных расстояний. Тем не менее до разработки специальной кон-

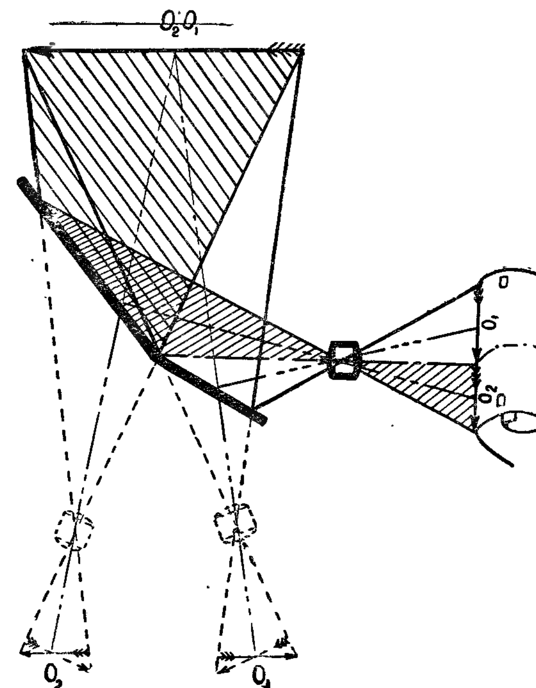


Рис. 17.

струкции стереофотоаппарата съёмка с зеркальной насадкой, несомненно, является временным решением вопроса, хотя и более удачным, чем все другие известные способы стереофотосъёмки.

Именно поэтому развитие стереофотолюбительства на базе применения зеркальной насадки является наиболее реальным делом на данном этапе.

Для различных случаев съёмки при использовании зеркальной стереонасадки должно меняться расстояние между стыком зеркал и оптическим центром объектива. Поэтому размер зеркал необходимо определить, исходя из предельно большого расстояния S, допустимого по конструктивным соображениям и по соображениям габаритов всего съёмочного устройства.

Минимально допустимая величина S, найденная из опыта и подтверждённая рядом теоретических исследований, составляет

2—3 фокусных расстояния объектива. Например, для объектива с $f = 50$ мм при относительном отверстии 1 : 3,5 минимальная величина S равна 100 мм. При этой величине S базис будет составлять около 35 мм.

В некоторых случаях можно ограничиться переменным углом конвергенции при постоянном базисе порядка 60—70 мм. Для этих случаев можно осуществить довольно компактную стереонасадку с $S = 170—200$ мм. Размеры зеркал здесь составляют всего 70×80 и 50×60 мм.

Исключительно высокие по качеству стереопары можно получить путём съёмки двумя объективами на плёнку с 19 мм шагом перфораций. Оптическая схема для этого, предложенная автором, представлена на рис. 18*а* и 18*б*.

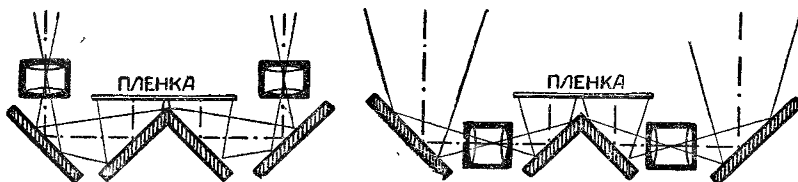


Рис. 18а. *Рис. 18б.*

Преимущество этой схемы перед обычной двухобъективной съёмкой изображения (рис. 10 и 11) заключается в том, что здесь нет необходимости переставлять левый снимок на место правого. Снимки по схеме рис. 18*а* и 18*б* могут рассматриваться непосредственно в стереоскоп, изображённый на рис. 16, могут проецироваться на стереоэкран одним объективом с помощью зеркальной приставки, а при соответствующем увеличении — рассматриваться в обычный школьный стереоскоп.

Растровая стереофотография

Ещё в 1935 году нами были изготовлены фотографии, которые давали стереоэффект без стереоскопа и других каких бы то ни было наглазных приспособлений.

Стереоэффект обеспечивается не только для одного зрителя. Группа в 5—6 человек может воспринимать его одновременно. В этом состоит, помимо отсутствия наглазных приспособлений для зрителей, второе основное преимущество растровой стереоскопии.

В основе растровой стереоскопической фотографии, как и стереоэкрана, лежит растр, представляющий собой несколько тысяч тончайших микроскопических линзочек с цилиндрической поверхностью. Непреложным требованием здесь является то, что оптические центры этих микролинз должны лежать в строгой геометрической плоскости. Это требование, например, на плёнке не может быть выполнено, так как у неё слишком большая разница между размером площади и её толщиной.

По нашим исследованиям, успех в растровой стереофотографии может быть обеспечен только с использованием стеклянной пластинки, а не плёнки и то при условии, что толщина пластинки не будет меньше 0,01 горизонтального поперечника изображения.

В классической оптике придерживаются отношения толщины к поперечнику пластинки = 0,1, когда ставится задача обеспечения геометрической плоскости, но для наших целей 0,01 необходимо и достаточно. По крайней мере опыт это подтверждает, тогда как тот же опыт с плёнкой толщиной 0,15 мм показывает, что изображение на растровой плёнке не даёт качественного стереоэффекта даже при размере 50×50 мм, так как в этом случае уже имеет место величина отношения $= 0,003$ $(0,15 : 50 = 0,003)$.

Учитывая это обстоятельство, можно полагать, что растровая стереофотография будет развиваться на пластинках, не обязательно, правда, стеклянных: они могут быть и из прозрачной пластмассы; в последнем случае коэфициент 0,01, очевидно, придётся увеличить.

Для развития растровой стереофотографии, конечно, необходима промышленная помощь в части выпуска растровых пластинок. У нас уже разработаны промышленные способы изготовления оптических растров.

Делать растры самому фотолюбителю так же трудно, как и объективы, фотобумагу, пластинки, плёнку. Как доказано выше, ритм элементов растра для высококачественных стереоизображений составляет около 0,1 мм, то есть 100 линий в 1 см. Такой ритм осуществить в любительских условиях почти невозможно. Растровую пластинку фотолюбитель должен получать в готовом виде. Но это не значит, что достаточно положить растровую пластинку под фэдовский увеличитель вместо фотобумаги, чтобы обычная плоская фотография превратилась в стереоскопическую.

Здесь необходимо соблюдение целого ряда моментов, которые вкратце сводятся к следующему:

1) несложный предварительный расчёт условий, при которых растровая стереофотография будет рассматриваться. Для этого расчёта мы пользуемся данными, с помощью которых устанавливали размер и форму стереокадра, а также основы стереосъёмки и проекции (рис. 10 и 11).

Исходя из этих данных, находим, что для расстояния в 30—40 см подойдёт пластинка размером 10×10, 12×12 см.

Расстановка растра, фотопластинки и проекционных объективов производится по формуле:

$$l = \frac{La}{3B} \qquad (6)$$

где:

l — расстояние между плоскостью растра и фотоэмульсии,
L — расстояние от проекционных объективов до фотоэмульсии,
B — проекционный базис $= 65$ мм,

a — ритм элементов растра;

2) наличие в соответствии с законами стереофотосъёмки необходимой стереопары негатива или позитива;

3) создание необходимых оптических условий при изготовлении растровой стереофотографии в соответствии с формулой 6, причём эти условия могут быть обеспечены с помощью обычного фэдовского увеличителя путём неодновременной печати стереопары, но более квалифицированно их можно создать с помощью специального увеличителя или зеркальной стереоприставки;

4) обычная обработка фотоматериала при чёрно-белых изображениях и специальная обработка в случае цветных изображений.

Соблюдение этих и ряда других, менее важных условий, вполне доступных стереофотолюбителю, требует, однако, известной подготовки и тренировки.

Простейший растр изготовлялся нами в любительских условиях ещё в 1935 году из обычной трансформаторной медной эмалированной проволоки. В качестве регулятора ритма элементов служила гитарная струна с оплёткой. Для первых шагов это уже доступно каждому фотолюбителю. Связанные с этим расчёты несложны и легко усваиваются.

Качество стереофотографий, сделанных с проволочным растром, может быть весьма высоким, не уступающим тому, которое было достигнуто на показанных при чтении данной лекции растровых фотографиях, имевших ритм элементов = 0,3 мм, с отношением прозрачных участков к непрозрачным, как ⅓. Такая фотография требует рассматривания на просвет, ибо растр поглощает много света.

Для стереофотографии в отражённом свете является необходимым светосильный растр, который может быть изготовлен только в промышленных условиях.

Выпуск светосильных растров хотя бы размером 13 × 18 или 18 × 24 сегодня является вполне реальным делом.

О цвете

Значение цвета в стереофотографии чрезвычайно велико; без преувеличения можно сказать, что мы имеем здесь новое изобразительное искусство. Именно цвет помогает преодолению впечатления мёртвых и застывших форм, которые характерны для чёрно-белой стереофотографии. Именно серый, безжизненный цвет последней усугублял это неприятное зрительное ощущение «мертвенности» и застывших форм.

Но не всякий цвет хорошо сочетается с объёмом. Малейшая фальшь в передаче цвета, даже в сочетании с предельно удачным стереоэффектом, вызывает такое же неприятное ощущение, как фальшивая нота в музыкальном аккорде. Зато цвет, насыщенный и близкий к реальному, раскрывает новые возможности, делает доступными такие могучие средства выразительности, которых не имеет ни один вид изобразительного искусства.

Современные способы цветной фотографии разнообразны. Опробование всех их в любительской стереофотосъёмке вряд ли целесообразно, поскольку требует сложного и дорогостоящего оборудования.

Мы ограничимся кратким описанием цветной стереофотосъёмки на трёхслойной плёнке с обращением, поскольку этот способ показал наилучшие результаты в применении к стереофото и в конечном итоге является самым простым и доступным.

Трёхслойные плёнки с обращением выпускаются в виде полуторametровых роликов для «ФЭД'а», а также для камер с форматами кадров: 4,5 × 6,6 × 6 и 6 × 9 см в ширину.

Эти плёнки бывают двух типов: для дневного и искусственного освещения. Условная чувствительность, приравненная к чёрно-белым плёнкам, колеблется от 500° до 250° по Х и Д.

Качество отдельных партий плёнок весьма высокое, что, однако, не гарантирует их стабильности. Это необходимо учитывать при выборе партии для использования.

Подробные характеристики этих плёнок, а также сведения о съёмках на них в различных условиях, о применении светофильтров и т. п. приведены в книге К. Л. Мертца «Цветная фотография»[1], где изложены и другие весьма полезные сведения, имеющие общее значение для цветной фотографии.

В съёмке среднего по яркости объекта на трёхслойную обратимую плёнку (для широты Москва — Новосибирск) при ярком солнце наилучшие экспозиции при диафрагме 1 : 6,3 составляют:

в июне — от 1/50 до 1/100 секунд,
в декабре — от 1/20 до 1/30 секунд.

Для обработки этой плёнки применяется рецептура, опубликованная в книге К. Л. Мертца.

I. Рецепт негативного (амидолового) проявителя:

1.	Двунатриевая соль этилендиаминтетрауксусной кислоты	0,5 г
2.	Сульфит безводный	25 »
3.	Амидол	2,5 »
4.	Калий бромистый	0,5 »
5.	Вода	500 мл

II. Рецепт для цветного проявителя:

Раствор А

1.	Двунатриевая соль этилендиаминтетрауксусной кислоты	0,5 г
2.	Гидроксиламин солянокислый	0,6 »
3.	Диэтилпарафенилендиамин сернокислый	1,4 »
4.	Вода	250 мл

[1] К. Л. Мертц. Цветная фотография. Госкиноиздат. 1949.

Раствор Б

1. Двунатриевая соль этилендиаминтетрауксусной кислоты	0,5 г
2. Поташ	40 »
3. Сульфит натрия безводный	1 »
4. Калий бромистый	1,3 »
5. Вода	250 мл

Двунатриевая соль этилендиаминтетрауксусной кислоты во всех растворах может быть заменена удвоенным количеством гексаметафосфата натрия, а в случае использования дистиллированной воды оба вещества могут не применяться.

Растворы А и Б цветного проявителя смешиваются в равных количествах и затем 24 часа отстаиваются.

III-а. Рецепт отбеливающего раствора:

1. Калий фосфорнокислый однозамещённый	3 г
2. Натрий фосфорнокислый двузамещённый	2,2 »
3. Красная кровяная соль	50 »
4. Вода	500 мл

Несколько хуже работает раствор по рецепту III-б.

III-б. Рецепт отбеливающего раствора:

1. Красная кровяная соль	25 г
2. Поваренная соль	25 »
3. Вода	500 мл

IV-а. Рецепт фиксирующего раствора:

1. Гипосульфит	60 г
2. Аммоний хлористый	40 »
3. Вода	500 мл

Этот раствор может быть заменён нейтральным фиксажем по рецепту IV-б.

IV-б. Рецепт фиксирующего раствора:

1. Гипосульфит	100 г
2. Вода	500 мл

Все растворы, кроме цветного проявителя, могут готовиться задолго до употребления. Цветной и амидоловый проявители от долгого хранения портятся.

Обработка трёхслойной обратимой плёнки исключительно проста, хотя и требует большой тщательности как в выборе химически чистых веществ, так и в составлении растворов.

Весь процесс обработки состоит из 9 операций и длится около 3 часов.

Цветной проявитель требует осторожного обращения с ним, так как при попадании на кожу рук или лица он может вызвать экзему. Для нейтрализации в этих случаях необходимо поражённое место промывать 5% раствором уксусной кислоты.

Последовательность операций при обработке трёхслойных плёнок с обращением следующая:

№№ п.п.	Наименование операций	Длительность операции в мин.	Допустим. температ. растворов
1.	Негативное проявление (в абсолютной темноте — зарядка проявочного бачка со спиралью)	30—35	18° ± 2°
2.	Промывка (в абсолютной темноте — выливание амидолового проявителя и включение шланга с проточной водой)	30—40	12° ± 5°
	Все остальные операции происходят при нормальном дневном или вечернем освещении.		
3.	Засветка (у окна при рассеянном дневном свете или при равномерном полуваттном освещении 200—300 свечей)	от 10 до 30	10—18°
4.	Цветное проявление	8—11	18° ± 1°
5.	Промывка	30—40	12° ± 5°
6.	Отбеливание	5—7	18° ± 2°
7.	Промывка (до исчезновения жёлтоокрашенной воды)	5—7	12° ± 5°
8.	Фиксирование (до полной прозрачности изображений)	5—7	18° ± 2°
9.	Промывка	5—7	12° ± 5°

Операции 7 и 8 рекомендуется повторить, а операцию 9 последний раз удлинить до 20 минут.

Интегральная фотография

При первом знакомстве с растровой стереофотографией и безочковой стереопроекцией очень многие вместе с восторгами высказывают сожаление по поводу того, что при незначительных отклонениях головы стереоэффект нарушается.

Теория растровой стереоскопии считает вполне устранимым это нарушение. Но те проекты, которые предлагались до сих пор, например, известная «идея интегральной фотографии Липмана», остаются утопическими. В основе названной «идеи интегральной фотографии» лежит проект создания такой пластинки, которая, выражаясь образно, должна представлять собой совокупность миллионов микроскопических фотоаппаратов, изолированных оптически друг от друга при условии, что размер каждого микрофотоаппарата будет лежать за пределом разрешающей способности глаза; в то же время такой микрофотоаппарат должен воспроизвести высококачественное изображение в натуральную величину в предметном пространстве.

Если, исходя из разрешающей способности глаза в 1′, принять размер элементарной точки конечного изображения в предметном пространстве за 1 мм, то размер поперечника микрофотоаппарата получается около 2 мм.

Тогда по условиям разрешающей способности глаза в 1′ и оптика и эмульсия такого микрофотоаппарата должны, как минимум, разрешать около 1 000 линий в мм.

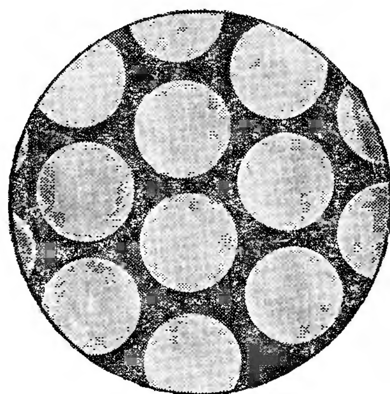


Рис. 19 а — расположение микролинз. Увеличено в 40 раз.

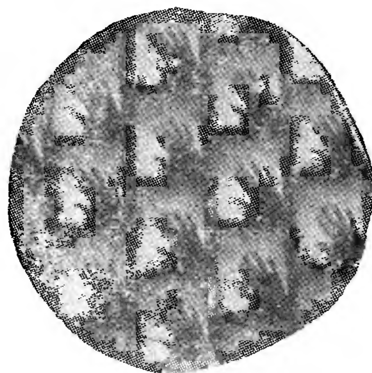


Рис. 19 б — изображение руки.

Известные эмульсии Липмана, по литературным данным, разрешают до 600 линий в мм, но обладают чрезмерно низкой чувствительностью. Затем, как быть с оптикой, учитывая высокие требования и огромное количество линз, взаимосвязанных большими точностями?

Первая и единственная попытка реализации идеи интегральной фотографии в прошлом была сделана русским учёным П. Соколовым в начале нашего столетия; он попытался заменить линзы микроскопическими отверстиями.

Ясно, что таким путём можно было только убедиться в наличии какой-то принципиальной ошибки, допущенной в самой идее, но никак не продвинуться к реализации последней.

Ошибка эта, по мнению автора, заключается в неограниченности зоны наблюдения.

Успехи советской растровой оптики, установление понятий «ёмкости» и «взаимозаменяемости»[1], а также реальное осуществление светосильного стереоэкрана с единой оптической растровой поверхностью около 10 м² позволяют внести некоторую ясность и в вопрос интегральной фотографии.

В 1948 году автору совместно с инженером-оптиком Л. Тихоновой-Акимакиной удалось осуществить в НИКФИ растр из сферических линз при строгом расположении их в виде сот (рис. 19*а*).

Размеры линз характеризуются следующими данными:

диаметр = 0,3 мм, фокус = 0,5 мм.

Точность в расположении оптических центров ± 3 микрона; общее количество линз — около 2 миллионов.

О качестве микроизображений, снятых нами на обычную фотоэмульсию, можно судить по увеличенным микрофотографиям, представленным на рис. 19 *б* (необходимо сделать поправку на полиграфический растр).

После консультации с академиком С. И. Вавиловым в 1948 году в идею интегральной фотографии была внесена соответствующая поправка в смысле ограничения зоны наблюдения. Последняя, по принципу взаимозаменяемости, должна была воспроизводиться через определённые интервалы.

Благодаря этому удалось не с помощью фотоаппарата, а непосредственно самим растром сфотографировать несколько натюрмортов. Интегральные изображения этих натюрмортов по понятным причинам полиграфическое искусство не в состоянии воспроизвести, а их плоское воспроизведение ничем не отличается от обычного фотонегатива.

При рассматривании наших интегральных фотографий (из соответствующей зоны наблюдения) стереоскопичность не нарушается ни при отклонении головы в сторону (в пределах зоны), ни при нарушении горизонтального положения глаз (на любой угол наклона). Наоборот, всякое движение глаз наблюдателя сопровождается естественным и беспрерывным перемещением близких предметов относительно дальних. Как известно, такое перемещение предметов не нарушает, а только усиливает стереоэффект. Таким образом, зона наблюдения в интегральной фотографии действительно представляет беспрерывное пространство, сплошь заполненное точками зрения.

Понятие «точек зрения» в данном случае, собственно, не отражает смысла этого явления, как не отражало бы его понятие «линии» или, скажем, «площадки зрения», ибо во всех этих понятиях предполагается какая-то прерывистость, тогда как на самом деле этой прерывистости нет. Зона наблюдения нашей интегральной фотографии имеет беспрерывную протяжённость во всех трёх измерениях в пределах границ этой зоны. Прерывистость можно отметить лишь при переходе из одной зоны в другую. Можно отметить также некоторое ослабление резкости в тех предметах, которые в момент съёмки были дальше удалены от растра.

Следует сказать, что эти интегральные фотографии являются негативными и в фотографическом и в стереоскопическом смысле. Их изображения — псевдоскопические, или, как говорят, инвертные, характеризующиеся тем, что выпуклости выглядят вогнутостями, а ближние предметы перекрыты дальними. Превращение этих изображений в позитивные потребует ещё бо́льших точностей, чем те, которые уже достигнуты.

В заключение можно продолжить те расчёты, которые изложены применительно к интегральной фотографии с неограниченной зоной наблюдения.

Поскольку в осуществлённой нами интегральной фотографии с ограниченной зоной последняя может быть расширена до таких пределов, которые полностью перекрывают пространство, доступ-

[1] См. В. П. Шепелюк. Стереокино. Госкиноиздат. 1945, а также С. П. Иванов. О стереоскопическом кино. Лекция Всесоюзного общества по распространению политических и научных знаний. 1948.

ное зрителю, сидящему в кресле или на стуле, постольку можно допустить расширение зоны до бóльших пределов за счёт исключения принципа взаимозаменяемости соседних оптических элементов растра.

Как ни странно, такая фотография кажется тем реальнее, чем больше её предполагаемые размеры. В самом деле, для поперечника микрофотоаппарата в 6 мм уже допустима эмульсия, разрешающая 200 линий в мм.

Такие микрофотоаппараты можно было бы изготовить из прозрачных шариков, материал которых должен иметь коэфициент преломления, равный 2. Пока такого материала нет, вопрос массового изготовления микрофотоаппаратов затрудняется их более сложной формой. Далее, учитывая необходимые точности для перевода негативного изображения в позитивное, следует признать несостоятельной идею осуществления единой рефракционной поверхности из отдельно изготовляемых элементов.

Эту задачу, очевидно, можно решить, только совершенствуя тот метод изготовления растров, с помощью которого завоёван приоритет Советского Союза и в области безочкового стереокино, и в области растровой стереофотографии, и на пути действительной реализации интегральной фотографии.

* * *

Нельзя сомневаться в том, что наблюдающийся застой в области стереофотографии является временным. Расцвет этой области фотоискусства неизбежен, и произойдёт он, очевидно, уже на новой технической основе — с использованием цветной плёнки и растров.

Наши советские методы изготовления растров, являясь более совершенными, чем приклеивание плёночных растров к стеклу, при своём развитии обеспечат высокое качество стереофотографии, и последняя займёт подобающее ей место в науке, технике, искусстве и быту.

Одновременно следует отметить ещё одну разновидность стереофотографии, которая также, очевидно, найдёт широкое применение.

В последнее время техническая мысль настойчиво объединяет радиоприёмник с проигрывателем патефонных пластинок. С другой стороны, телевизоры также входят в быт, и их объединение в один агрегат с радиоприёмником является ещё более естественным.

Идя дальше, можно в будущем предвидеть создание такого агрегата, который будет включать в себя радиоприёмник, проигрыватель для патефонных пластинок или фонограммы на магнитной плёнке и стереотелевизор с возможностью использования его стереоэкрана для проекции собственных любительских стереофотоснимков.

Стереоэкран для стереопроекций в любительских условиях в настоящее время более реален, чем растровая стереофотография.

Дело в том, что для последней светосильных растров надо иметь в количестве, равном количеству самих фотографий, тогда

как для любительского стереоэкрана нужен всего один растр, а показать на этом стереоэкране можно бесконечное множество стереофотографий, как чёрно-белых, так и цветных. В 100 м плёнки может заключаться столько стереоскопических фотографий, что если бы их превратить в растровые фотографии того же размера, как любительский стереоэкран, то они заняли бы всю квартиру фотолюбителя.

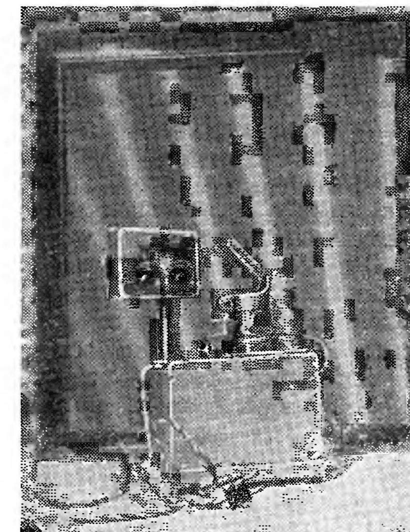


Рис. 20. Стереопроектор и стереоэкран.

Конечно, неплохо отдельные растровые стереофотографии иметь на стене или в альбоме. Но основная масса продукции фотолюбителя в лучшем виде может быть показана при проекции на стереоэкран. Коллективное рассматривание изображений стереоэкран обеспечивает, и в этом отношении он имеет преимущества не только перед стереоскопом, но и перед альбомами. Не следует пугаться и сложности проектора. Дело в том, что обычный школьный алоскоп может быть реконструирован для стереопроекции, осуществляемой по формуле проекции диапозитивов (6).

Мы попытались осуществить любительский стереоэкран и стереопроектор к нему (рис. 20).

Приводим отзыв редакции «Ленинградской правды» от 31 января 1950 года о зрелище, которое обеспечивается этой техникой:

«...Как бы художник ни владел мастерством перспективы, как ни сильна его кисть, передать с такой точностью и правдивостью объёмность натуры едва ли возможно...

С тою же точностью передаёт экран и естественность красок...

Стереопроектор построен целиком из деталей, выпускаемых советскими предприятиями. Это позволяет нашей кинофотопромышленности без особых усилий наладить его массовый выпуск».

С этой оценкой совпадают отзывы зрителей, побывавших на лекциях о стереоскопической фотографии, организованных Всесоюзным обществом по распространению политических и научных знаний, где демонстрировалась проекция на любительский стереоэкран.

В конструкции стереопроектора особое внимание уделено удобству пользования им. Горизонтальное перемещение плёнки и горизонтальное расположение плоскости кадрового окна действительно принесли эти удобства. Просмотр около сотни стереопар

снимков целым коллективом в 10—15 человек протекает довольно быстро и оживлённо. Качество наблюдаемых изображений на стереоэкране, по отзывам зрителей, не уступает тому, которое удалось добиться в стереоскопах, хотя известно, что и проектор и экран далеко не исчерпывают возможности улучшения качества этих изображений. Наоборот, продемонстрированные модели стереопроектора и стереоэкрана представляют собой первое приближение к тому, что нужно и что можно сделать.

Учитывая это и ряд других моментов, естественно ожидать развития именно данного направления в стереофотолюбительстве, тем более, что стереоэкран имеет нечто общее с телевизором в смысле разложения изображений на элементы.

Богатство советской культуры, которое мы ощущаем сегодня и которое преображает наш быт, найдёт в стереоскопической фотографии своё многообразное и яркое отражение.

